

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**



Japanese Unexamined Patent Application Publication No. 10-320720

[Title of the Invention] MAGNETIC HEAD FOR PERPENDICULAR  
WRITING

[Abstract]

[Object]. To provide a perpendicular-writing magnetic head capable of writing magnetization of a medium so as to obtain a sharp reading waveform and of alleviating the influence of crosstalk.

[Solving Means] The perpendicular-writing magnetic head of the present invention is formed by laminating a reading MR head 50 and a writing magnetic induction head 10. The MR head 50 comprises a bottom shield 54, a reading gap 56, an MR element 58, and a common pole 60. The magnetic induction head 10 comprises a common pole 60, a writing gap 62, exciting coils 64, and a trailing pole 12. The trailing pole 12 is planarized at the end surface 12a opposite to the MR head 50.

[Claims]

[Claim 1] A perpendicular-writing magnetic head comprising a laminate of an reading MR head and a writing magnetic induction head,

wherein a trailing pole of said magnetic induction head is planarized at the end surface opposite to said MR head.

[Claim 2] A perpendicular-writing magnetic head according to Claim 1, wherein the planarized end surface of said trailing pole opposite to said MR head comprises a high-magnetic flux density layer.

[Claim 3] A perpendicular-writing magnetic head according to Claim 1, wherein the entirety of said trailing pole comprises a material having a high-magnetic flux density.

[Claim 4] A perpendicular-writing magnetic head according to any one of Claims 1 to 3, wherein said trailing pole viewed from a medium sliding face has a trapezoidal shape of which the base is the end surface of the MR head side thereof.

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Technical Field of the Invention] The present invention relates to a magnetic head for perpendicular writing which is used for magnetic writing and reading devices using perpendicular magnetization. Specifically, the present invention relates to a perpendicular-writing magnetic head

which is applicable to a perpendicular double-layer medium having a perpendicular magnetic layer and a soft magnetic lining layer.

[0002]

[Description of the Related Arts] Perpendicular magnetization provides higher writing resolution than longitudinal magnetization, and therefore the practical use of magnetic heads for perpendicular writing has been desired depending on more dense magnetic writing in recent years. A typical magnetic writing and reading device based on perpendicular magnetization using a perpendicular double-layer medium comprises a perpendicular-writing magnetic head including an MR head at a reading area and a magnetic induction head at a writing area. Such a conventional perpendicular-writing magnetic head is disclosed, for example, in the Journal of the Magnetism Society of Japan, Vol. 19, Supplement No. S2, pp. 122-125 and this magnetic head has the same structure as longitudinal-writing magnetic heads have.

[0003] Figs. 5 and 6 show a known perpendicular-writing magnetic head. Fig 5 is a bottom plan view from a medium sliding face and Fig. 6 is a longitudinal sectional view. The known perpendicular-writing magnetic head will be described with reference to these drawings.

[0004] The conventional perpendicular-writing magnetic head

is formed by laminating a reading MR head 50 and a writing magnetic induction head 52. The MR head 50 comprises a bottom shield 54, a reading gap 56, an MR element 58, and a common pole 60. The magnetic induction head 52 comprises a common pole 60, a writing gap 62, exciting coils 64, and a trailing pole 66. A writing medium moves along the lower end of the perpendicular-writing magnetic head shown in Fig. 6 from the right to the left.

[0005] When the perpendicular-writing magnetic head performs writing on a longitudinal medium, a writing magnetic field generated from an end surface 66b of the MR head 50 side (leading side) of the trailing pole 66 determines the writing magnetization of the medium. In contrast, when the perpendicular-writing magnetic head performs writing on a perpendicular double-layer medium, a writing magnetic field generated from an end surface 66a opposite to the MR head 50 side (trailing side) of the trailing pole 66 determines the writing magnetization distribution.

[0006] As shown in Fig. 5, the shape of the front surface 66b of the trailing pole 66 is substantially rectangular when viewed from a medium sliding face. In contrast, the shape of the back surface 66a of the trailing pole 66 is uneven when viewed from a medium sliding face. As a result, the shape of the writing magnetization transition is uneven

depending on the shape of the back surface 66a when writing is performed to a perpendicular double-layer medium.

[0007] When the perpendicular-writing magnetic head is used for a longitudinal writing medium, the writing tracks include a side erase band (non-information writing tracks). The side erase band effectively alleviates the influence of reading irrelevant information from an adjacent track, namely crosstalk.

[0008] On the other hand, perpendicular double-layer media provide high writing resolution and have a steep magnetic reversal portion, thus scarcely exhibiting any side erase bands.

[0009]

[Problems to be Solved by the Invention] The following problems are caused by using conventional perpendicular-writing magnetic heads to write to a perpendicular double-layer medium.

[0010] A first problem is that the shape of magnetization transition is non-linear. No matter how high the resolution of perpendicular double-layer medium is, the pulse width of the reading waveform increase. As a result, clear magnetization distribution for writing is hardly exhibited especially in highly dense writing areas, and thus satisfactory writing and reading cannot be performed. This is because the shape of the back surface 66a of the trailing

pole 66, which determines the writing magnetization of media, is uneven.

[0011] A second problem is that crosstalk from adjacent tracks or writing tracks having a previous history significantly affect reading. Crosstalk components result in noises in reading, thereby leading to a decreased error rate. This is because the perpendicular double-layer media have no side erase bands, and consequently read irrelevant information from adjacent tracks or writing tracks having a previous history.

[0012]

[Purpose of the Invention] The object of the present invention is, therefore, to improve the performance of magnetic writing and reading devices using perpendicular magnetization and to provide a perpendicular-writing magnetic head which can write on magnetic media so that the reading waveform is sharp and which can alleviate the influence of crosstalk.

[0013]

[Means for Solving the Problems] A perpendicular-writing magnetic head according to the present invention is formed by laminating a laminate of a reading MR head and a writing magnetic induction head. A trailing pole of the magnetic induction head is planarized at the end surface opposite to said MR head. The planarized end surface of the trailing

pole opposite to said MR head may comprise a high-magnetic flux density layer. Alternatively, the entirety of the trailing pole may comprise a material having a high-magnetic flux density. The trailing pole viewed from a medium sliding face may have a trapezoidal shape of which the base is the end surface of the MR head side thereof.

[0014]

[Embodiments] Fig. 1 is a bottom plan view of a perpendicular-writing magnetic head viewed from a medium sliding face, according to a first embodiment of the present invention. The embodiment will now be described with reference to this drawing.

[0015] The perpendicular-writing magnetic head of the present invention is formed by laminating a reading MR head 50 and a writing magnetic induction head 10. The MR head 50 comprises a bottom shield 54, a reading gap 56, an MR element 58, and a common pole 60. The magnetic induction 10 comprises a common pole 60, a writing gap 62, exciting coils 64, and a trailing pole 12. The trailing pole 12 is planarized at the end surface (trailing side) 12a opposite to the MR head 50 (leading side).

[0016] A method of manufacturing will now be described. First, elements from the bottom shield 54 to the trailing pole 12 are formed on a nonmagnetic substrate in that order. The back surface 12a of the trailing pole 12 is planarized



so as to be parallel to the MR element 58 and others by lapping (polishing), FIB (focused ion beam), or the like.

[0017] Fig. 2 is a longitudinal sectional view of the perpendicular-writing magnetic head shown in Fig. 1.

Referring to Figs. 1 and 2, writing on a perpendicular double-layer medium by the perpendicular-writing magnetic head will now be described.

[0018] A perpendicular double-layer medium 20 comprises a writing magnetic layer 22 and a soft magnetic lining layer 24. A writing magnetic field is generated from the entity of the front side surface 12b of the trailing pole 12 and flows to the soft magnetic lining layer 24 via the writing magnetic layer 22. The perpendicular-writing magnetic head moves from the left to the right in Fig. 2. The writing magnetization written in the perpendicular double-layer medium is, therefore, determined by the magnetic field generated from the back surface 12a of the trailing pole 12. Since the trailing pole 12 of the perpendicular-writing magnetic head of the present invention is planarized at the back surface 12a thereof, the shape of a magnetization transition area in the perpendicular double-layer medium 20 can be linear. The linear magnetization transition area decreases the pulse width of the isolated reading waveform and facilitates satisfactory writing on the medium even if the interval of the magnetization transition is reduced.

Thus, satisfactory writing and reading performance at high-density areas is exhibited.

[0019] Fig. 3 is a bottom plan view of a perpendicular-writing magnetic head viewed from a medium sliding face, according to a second embodiment of the present invention. The embodiment will now be described with reference to this drawing. In this instance, portions shown in Fig. 1 are assigned the same reference numerals and the description thereof is omitted.

[0020] A trailing pole 32 of a magnetic induction head 30 comprises two layers consisting of high-magnetic flux density layer 34 and general magnetic pole layer 36. The high-magnetic flux density layer 34 is formed of a high-magnetic flux density material containing Fe and the back surface 32a thereof is planarized. Alternatively, the entire trailing pole 32 may be replaced with the high-magnetic flux density layer 34.

[0021] As described in the first embodiment, the writing magnetization of the medium is determined by the writing magnetic field generated from the back surface 32a of the trailing pole 32. By providing the high-magnetic flux density layer 34 at the backside of the trailing pole 32, writing on a medium can be performed in a harder writing magnetic field. The same effects as the first embodiment are therefore obtained even if the writing magnetic layer of

the perpendicular double-layer medium has a high coercive force.

[0022] A third embodiment of a perpendicular-writing magnetic head according to the present invention will now be described with reference to Fig. 1.

[0023] As shown in Fig. 1, the trailing pole 12 of the perpendicular-writing magnetic head according to the present invention has a trapezoidal shape of which the base is the end surface 12b of the MR head 50 side when it is viewed from a medium sliding face. Azimuth angles  $\theta$  of both sides of the trailing pole 12 are defined as the angles between both sides of the trailing pole 12 and the end surface 12a of the trailing pole 12. The trapezoid is shaped by etching or FIB.

[0024] Fig. 4 is a schematic diagram of a writing track pattern when writing is performed on a perpendicular double-layer medium. The following is a description referring to Figs. 1 to 4.

[0025] Writing tracks 38 are separated into signal writing tracks 40 in which writing has been performed from the back surface 12a of the trailing pole 12 and side writing tracks 42 in which writing has been performed from both sides 12c and 12d of the trailing pole 12. Since the writing pattern of the side writing tracks 42 is antiparallel to the reading MR element 42, the amount of information written in the side

writing tracks decreases due to an azimuth loss. Thus, the side writing tracks serve as non-signal writing tracks. In this instance, the azimuth angles are determined to be  $40^\circ$  or more so that a sufficient azimuth loss arises.

[0026] Owing to the side writing tracks 42, writing is performed such that the writing tracks 38 are constantly separated from the adjacent writing tracks (or writing tracks having a previous history) 44. As a result, the influence of crosstalk, in which irrelevant signals are read, are alleviated. Also, the track width  $t$  of the side writing tracks 42 can be voluntarily changed, thus being determined according to specifications of magnetic disk units.

[0027] In order to avoid crosstalk influence, the width of the MR element 58 which results in a reading track width is typically designed so as to be narrower than the writing track width. In contrast, in the perpendicular-writing magnetic head of the present invention, the width of the MR element 58 can be equivalent to the writing track width or greater by providing the side writing tracks 42. Since reading output is generally proportional to the reading track width, the perpendicular-writing magnetic head according to the embodiments of the present invention can provide high reading output.

[Advantages] A first advantage of the present invention is that the magnetization transition area of a medium can be

linear. This is because the back surface of the trailing pole which has not been typically given any treatment is planarized. Thus, sharp writing magnetization is uniformly written in the track width direction and satisfactory writing magnetization state is exhibited even in a small high-density area. As a result, highly dense and satisfactory writing and reading can be performed.

[0029] A second advantage of the present invention is that the first advantage can be obtained even when a highly antimagnetic medium is used as the writing medium. This is because writing can be performed on media in a harder writing magnetic field by laminating the high-magnetic flux density layer on the backside of the trailing pole or forming the entire trailing pole of a material having a high-magnetic flux density.

[0030] A third advantage is that the influence of crosstalk can be alleviated. This is because a side writing pattern which does not result in any signal component is written in both sides of the writing tracks by providing the azimuth angle at both sides of the trailing pole. The side writing tracks allow the signal writing tracks to be separated from the adjacent writing tracks or the writing tracks having a previous history. Thus, high S/N signal can be obtained, and therefore satisfactory writing and reading can be performed.

[Brief Description of the Drawings]

[Fig. 1] Fig. 1 is a bottom plan view of a perpendicular-writing magnetic head viewed from a medium sliding face, according to a first embodiment of the present invention.

[Fig. 2] Fig. 2 is a longitudinal sectional view of the perpendicular-writing magnetic head shown in Fig. 1.

[Fig. 3] Fig. 3 is a bottom plan view of a perpendicular-writing magnetic head viewed from a medium sliding face, according to a second embodiment of the present invention.

[Fig. 4] Fig. 4 is a schematic diagram of a writing track pattern when writing is performed on a perpendicular double-layer medium.

[Fig. 5] Fig. 5 is a bottom plan view of a known perpendicular-writing magnetic head viewed from a medium sliding face.

[Fig. 6] Fig. 6 is a longitudinal sectional view of the perpendicular-writing magnetic head shown in Fig. 5.

[Reference Numerals]

50 MR head

10, 30 magnetic induction head

12, 32 trailing pole

12a, 32a planarized end surface

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-320720

(43) 公開日 平成10年(1998)12月4日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

G 1 1 B 5/39

G 1 1 B 5/39

審査請求 有 請求項の数 4 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平9-133837

(22) 出願日 平成9年(1997)5月23日

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 大木 聡

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

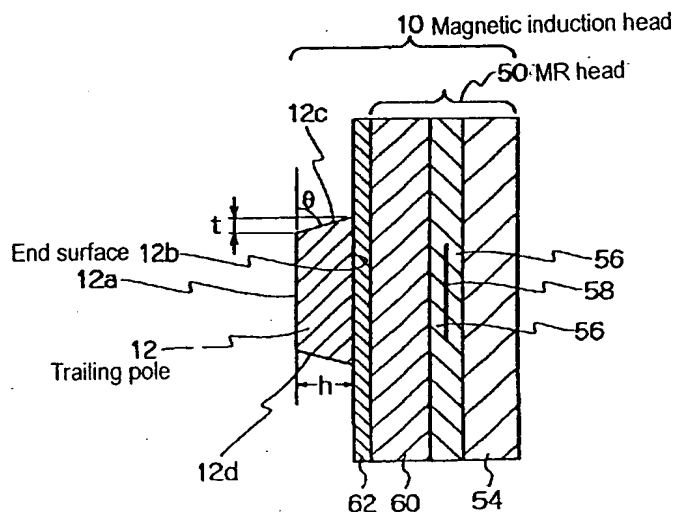
(74) 代理人 弁理士 高橋 勇

(54) 【発明の名称】 垂直記録用磁気ヘッド

(57) 【要約】

【課題】 急峻な再生波形の得られるような媒体磁化の記録、及びクロストークの影響低減を可能とした垂直磁気記録用磁気ヘッドを提供する。

【解決手段】 本発明の垂直記録用磁気ヘッドは、再生用のMRヘッド50と記録用の磁気誘導型ヘッド10とが積層されてなるものである。MRヘッド50は、下シールド54、再生ギャップ56、MR素子58、共通ポール60等によって構成されている。磁気誘導型ヘッド10は、共通ポール60、記録ギャップ62、励磁コイル、トレーリングポール12等によって構成されている。トレーリングポール12は、MRヘッド50側の反対側の端面12aが平坦化されている。



できる。また、サイド記録トラック42のトラック幅 $t$ は、アジマス角 $\theta$ とトレーリングポール12の膜厚 $h$ により任意に変更することが可能である。これにより、磁気ディスク装置の仕様に合わせてサイド記録トラック42のトラック幅 $t$ を任意に設定できる。

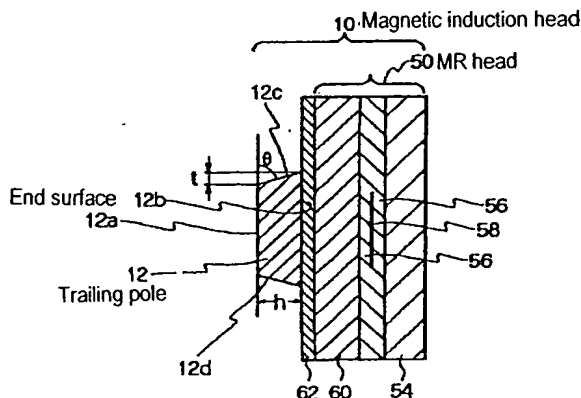
【0027】従来、クロストークの影響を避けるため、再生トラック幅となるMR素子58のトラック幅が記録トラック幅より小さくなるように設計されていた。これに対し、本実施形態では、サイド記録トラック42を設けることでMR素子58のトラック幅は、記録トラックと同等又はそれ以上にすることも可能になる。一般に再生出力は再生トラック幅に比例するため、本実施形態の垂直記録用磁気ヘッドを用いることでより高い再生出力を得ることができる。

【0028】

【発明の効果】第一の効果は、媒体磁化遷移領域を直線的にできることである。この理由は、従来は何の処理も施されていなかった、トレーリングポールの後端側の端面を平坦化したためである。これにより、トラック幅方向に均一で急峻な記録磁化を記録でき、磁化遷移の間隔の狭い高密度領域においても良好な記録磁化状態を得ることができる。したがって、高密度領域で良好な記録再生特性が得られる。

【0029】第二の効果は、記録媒体として高抗磁力媒体を用いた場合でも第一の効果を得ることができることである。この理由は、トレーリングポールの後端側に高磁束密度膜を積層する又はトレーリングポール全体を高磁束密度材料とすることで、より強い記録磁界で媒体に記録を行うことができるためである。

【図1】



【0030】第三の効果は、クロストークの影響を低減することが可能なことである。この理由は、トレーリングポールの両側面にアジマス角を持たせた構造とすることで、記録トラック両端部に信号成分とはならないサイド記録パターンが記録されるためである。このサイド記録トラックにより、信号記録トラックは隣接記録トラック又は前歴記録トラックと隔てられるので、クロストークの影響を低減することができる。これにより、高S/N信号の再生が可能となり、良好な記録再生特性を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る垂直記録用磁気ヘッドの第一実施形態を示す媒体摺動面から見た底面図である。

【図2】図1の垂直記録用磁気ヘッドの縦断面図である。

【図3】本発明に係る垂直記録用磁気ヘッドの第二実施形態を示す媒体摺動面から見た底面図である。

【図4】図1の垂直記録用磁気ヘッドで、垂直二層膜媒体に記録を行った場合の記録トラックパターンを示す概略図である。

【図5】従来の垂直記録用磁気ヘッドを示す媒体摺動面から見た底面図である。

【図6】図5の垂直記録用磁気ヘッドの縦断面図である。

【符号の説明】

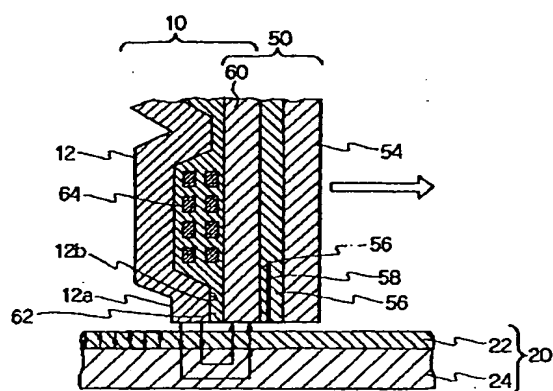
50 MRヘッド

10, 30 磁気誘導型ヘッド

12, 32 トレーリングポール

12a, 32a 平坦化された端面

【図2】





(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-320720

(43)公開日 平成10年(1998)12月4日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

識別記号

F I

G 1 1 B 5/39

G 1 1 B 5/39

審査請求 有 請求項の数 4 O L (全 5 頁)

(21)出願番号 特願平9-133837

(22)出願日 平成9年(1997)5月23日

(71)出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72)発明者 大木 聡

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

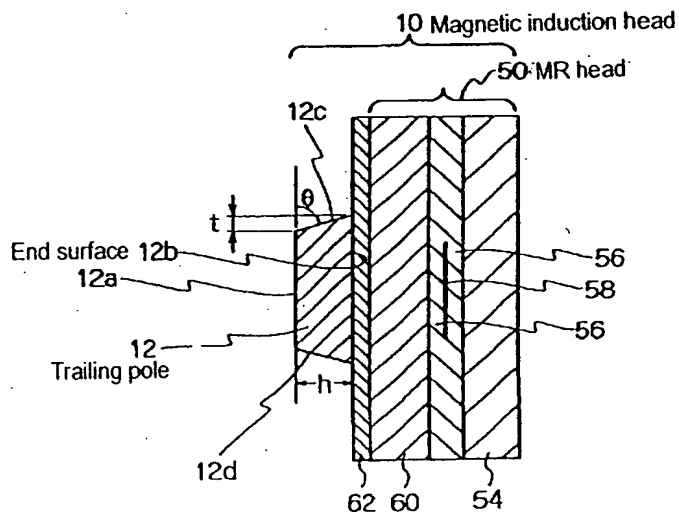
(74)代理人 弁理士 高橋 勇

(54)【発明の名称】 垂直記録用磁気ヘッド

(57)【要約】

【課題】 急峻な再生波形の得られるような媒体磁化の記録、及びクロストークの影響低減を可能とした垂直磁気記録用磁気ヘッドを提供する。

【解決手段】 本発明の垂直記録用磁気ヘッドは、再生用のMRヘッド50と記録用の磁気誘導型ヘッド10とが積層されてなるものである。MRヘッド50は、下シールド54、再生ギャップ56、MR素子58、共通ポール60等によって構成されている。磁気誘導型ヘッド10は、共通ポール60、記録ギャップ62、励磁コイル、トレーリングポール12等によって構成されている。トレーリングポール12は、MRヘッド50側の反対側の端面12aが平坦化されている。



できる。また、サイド記録トラック42のトラック幅 $t$ は、アジマス角 $\theta$ とトレーリングポール12の膜厚 $h$ により任意に変更することが可能である。これにより、磁気ディスク装置の仕様に合わせてサイド記録トラック42のトラック幅 $t$ を任意に設定できる。

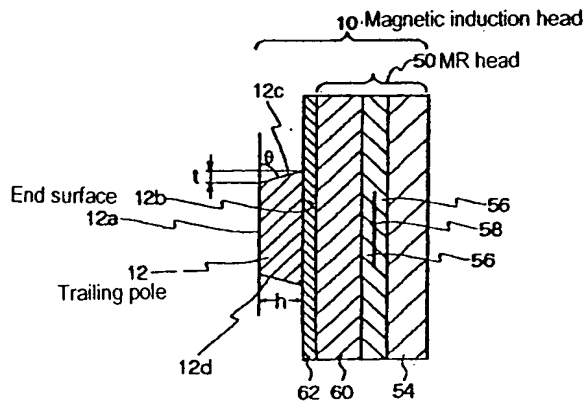
【0027】従来、クロストークの影響を避けるため、再生トラック幅となるMR素子58のトラック幅が記録トラック幅より小さくなるように設計されていた。これに対し、本実施形態では、サイド記録トラック42を設けることでMR素子58のトラック幅は、記録トラックと同等又はそれ以上にすることも可能になる。一般に再生出力は再生トラック幅に比例するため、本実施形態の垂直記録用磁気ヘッドを用いることでより高い再生出力を得ることができる。

#### 【0028】

【発明の効果】第一の効果は、媒体磁化遷移領域を直線的にできることである。この理由は、従来は何の処理も施されていなかった、トレーリングポールの後端側の端面を平坦化したためである。これにより、トラック幅方向に均一で急峻な記録磁化を記録でき、磁化遷移の間の狭い高密度領域においても良好な記録磁化状態を得ることができる。したがって、高密度領域で良好な記録再生特性が得られる。

【0029】第二の効果は、記録媒体として高抗磁力媒体を用いた場合でも第一の効果を得ることができることである。この理由は、トレーリングポールの後端側に高磁束密度膜を積層する又はトレーリングポール全体を高磁束密度材料とすることで、より強い記録磁界で媒体に記録を行うことができるためである。

【図1】



【0030】第三の効果は、クロストークの影響を低減することが可能なことである。この理由は、トレーリングポールの両側面にアジマス角を持たせた構造とすることで、記録トラック両端部に信号成分とはならないサイド記録パターンが記録されるためである。このサイド記録トラックにより、信号記録トラックは隣接記録トラック又は前歴記録トラックと隔てられるので、クロストークの影響を低減することができる。これにより、高S/N信号の再生が可能となり、良好な記録再生特性を得ることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る垂直記録用磁気ヘッドの第一実施形態を示す媒体摺動面から見た底面図である。

【図2】図1の垂直記録用磁気ヘッドの縦断面図である。

【図3】本発明に係る垂直記録用磁気ヘッドの第二実施形態を示す媒体摺動面から見た底面図である。

【図4】図1の垂直記録用磁気ヘッドで、垂直二層膜媒体に記録を行った場合の記録トラックパターンを示す概略図である。

【図5】従来の垂直記録用磁気ヘッドを示す媒体摺動面から見た底面図である。

【図6】図5の垂直記録用磁気ヘッドの縦断面図である。

#### 【符号の説明】

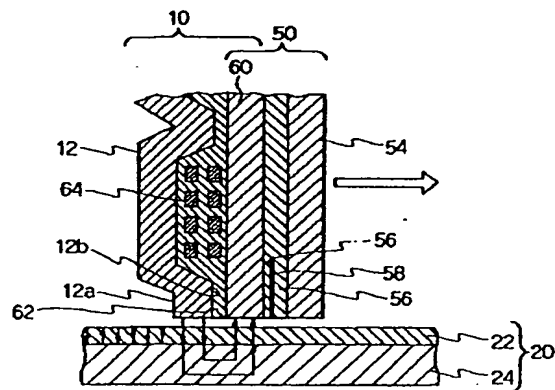
50 MRヘッド

10、30 磁気誘導型ヘッド

12、32 トレーリングポール

12a、32a 平坦化された端面

【図2】



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-320720

(43) 公開日 平成10年(1998)12月4日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

G 1 1 B 5/39

G 1 1 B 5/39

審査請求 有 請求項の数 4 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平9-133837

(22) 出願日 平成9年(1997)5月23日

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 大木 聡

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

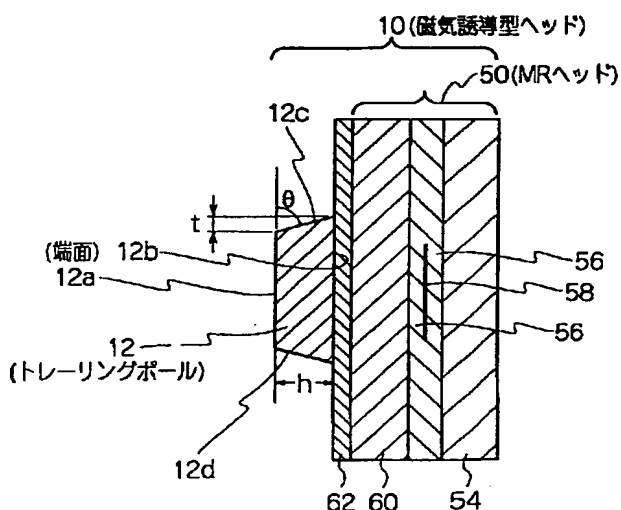
(74) 代理人 弁理士 高橋 勇

(54) 【発明の名称】 垂直記録用磁気ヘッド

(57) 【要約】

【課題】 急峻な再生波形の得られるような媒体磁化の記録、及びクロストークの影響低減を可能とした垂直磁気記録用磁気ヘッドを提供する。

【解決手段】 本発明の垂直記録用磁気ヘッドは、再生用のMRヘッド50と記録用の磁気誘導型ヘッド10とが積層されてなるものである。MRヘッド50は、下シールド54、再生ギャップ56、MR素子58、共通ポール60等によって構成されている。磁気誘導型ヘッド10は、共通ポール60、記録ギャップ62、励磁コイル、トレーリングポール12等によって構成されている。トレーリングポール12は、MRヘッド50側の反対側の端面12aが平坦化されている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 再生用のMRヘッドと記録用の磁気誘導型ヘッドとが積層されてなる垂直記録用磁気ヘッドにおいて、

前記磁気誘導型ヘッドのトレーリングボールは、前記MRヘッド側の反対側の端面が平坦化されている、ことを特徴とする垂直記録用磁気ヘッド。

【請求項2】 前記トレーリングボールは、前記MRヘッド側の反対側の平坦化された端面が高磁束密度膜からなる、請求項1記載の垂直記録用磁気ヘッド。

【請求項3】 前記トレーリングボールは、全体が高磁束密度材料からなる、請求項1記載の垂直記録用磁気ヘッド。

【請求項4】 前記トレーリングボールの媒体摺動面から見た形状は、前記MRヘッド側の端面を底辺とする台形状である、請求項1、2又は3記載の垂直記録用磁気ヘッド。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、垂直磁化方式を採用した磁気記録再生装置に用いられる垂直記録用磁気ヘッドに関し、特に垂直磁性層と軟磁性裏打ち層とを有する垂直二層膜媒体に対応した垂直記録用磁気ヘッドに関する。

## 【0002】

【従来の技術】垂直磁化方式は、長手磁化方式と比べて記録分解能が高いことから、近年の磁気記録の高密度化に伴い実用化が期待されている。従来、垂直二層膜媒体を用いた垂直磁化方式の磁気記録再生装置においては、再生部にMRヘッド、記録部に磁気誘導型ヘッドを有する垂直記録用磁気ヘッドが用いられている。この従来の垂直記録用磁気ヘッドは、例えば、「日本応用磁気学会誌Vol.19 Supplement No. S2 PP122-125」に記載されており、長手記録方式で用いられているものと同じ構造である。

【0003】図5及び図6は従来の垂直記録用磁気ヘッドを示し、図5が媒体摺動面から見た底面図、図6が縦断面図である。以下、これらの図面に基づき説明する。

【0004】従来の垂直記録用磁気ヘッドは、再生用のMRヘッド50と記録用の磁気誘導型ヘッド52とが積層されてなるものである。MRヘッド50は、下シールド54、再生ギャップ56、MR素子58、共通ボール60等によって構成されている。磁気誘導型ヘッド52は、共通ボール60、記録ギャップ62、励磁コイル64、トレーリングボール66等によって構成されている。記録媒体は、図6において、垂直記録用磁気ヘッドの下端に沿って右から左へと移動していく。

【0005】この垂直記録用磁気ヘッドを用いて長手媒体に記録を行なった場合は、トレーリングボール66のMRヘッド50側（先端側）の端面66bから発生する

記録磁界が媒体記録磁化を決定する。これに対して、この垂直記録用磁気ヘッドを用いて垂直二層膜媒体に記録を行なった場合は、記録磁化分布はトレーリングボール66のMRヘッド50側の反対側（後端側）の端面66aから発生する記録磁界で決定される。

【0006】図5に示すように、トレーリングボール66の先端側の端面66bは、媒体摺動面から見た形状がおおよそ長方形となっている。これに対して、トレーリングボール66の後端側の端面66aは、媒体摺動面から見た形状が平坦な面ではない。そのため、垂直二層膜媒体に記録した場合は、記録磁化遷移の形状も端面66aの形状に対応して平坦にならない。

【0007】また、この垂直記録用磁気ヘッドを長手記録媒体に用いた場合は、記録トラックの両端部にサイドイレースバンド（無情報記録トラック）が存在する。このサイドイレースバンドは、信号再生時において隣接トラックからの誤った情報を再生してしまういわゆるクロストークの影響低減に有効な役割を持っている。

【0008】しかし、垂直二層膜媒体では、記録分解能が非常に高いため、磁化反転部が急峻であり、これによりサイドイレースバンドがほとんどみられない。

## 【0009】

【発明が解決しようとする課題】従来の垂直記録用磁気ヘッドを用いて垂直二層膜媒体に記録を行なった場合、以下のような問題点が生じる。

【0010】第一の問題点は、磁化遷移の形状が直線的にならないということである。したがって、如何に記録分解能の高い垂直二層膜媒体を用いた場合でも、再生波形のパルス幅が広大化する。これにより、特に高記録密度領域においては鮮明な記録磁化分布が得られにくくなるため、良好な記録再生特性が得られなくなる。その理由は、垂直二層膜媒体を用いた場合に媒体記録磁化を決定する、トレーリングボール66の後端側の端面66aの形状が、平坦でないことにある。

【0011】第二の問題点は、隣接記録トラック又は前歴記録トラックからのクロストークの影響が大きいということである。クロストーク成分は、再生時のノイズとなるので、エラーレートの低下につながる。その理由は、垂直二層膜媒体は記録トラック端部のサイドイレースバンドが無いため、隣接記録トラック又は前歴記録トラックから誤った情報を再生してしまうためである。

## 【0012】

【発明の目的】そこで、本発明は、垂直磁化方式の磁気記録再生装置の特性向上を目的とし、急峻な再生波形の得られるような媒体磁化の記録、及びクロストークの影響低減を可能とした垂直磁気記録用磁気ヘッドを提供することにある。

## 【0013】

【課題を解決するための手段】本発明に係る垂直記録用磁気ヘッドは、再生用のMRヘッドと記録用の磁気誘導

型ヘッドとが積層されてなるものである。そして、前記磁気誘導型ヘッドのトレーリングボールは、前記MRヘッド側の反対側の端面が平坦化されている。このトレーリングボールは、前記MRヘッド側の反対側の平坦化された端面が高磁束密度膜からなるもの、又は、全体が高磁束密度材料からなるものとしてもよい。また、前記トレーリングボールの媒体摺動面から見た形状は、前記MRヘッド側の端面を底辺とする台形状としてもよい。

#### 【0014】

【発明の実施の形態】図1は、本発明に係る垂直記録用磁気ヘッドの第一実施形態を示す媒体摺動面から見た底面図である。以下、この図面に基づき説明する。

【0015】本実施形態の垂直記録用磁気ヘッドは、再生用のMRヘッド50と記録用の磁気誘導型ヘッド10とが積層されてなるものである。MRヘッド50は、下シールド54、再生ギャップ56、MR素子58、共通ボール60等によって構成されている。磁気誘導型ヘッド10は、共通ボール60、記録ギャップ62、励磁コイル64（図2）、トレーリングボール12等によって構成されている。トレーリングボール12は、MRヘッド50側（先端側）の反対側（後端側）の端面12aが平坦化されている。

【0016】この垂直記録用磁気ヘッドを製造する方法について説明する。まず、非磁性基板上に、下シールド54からトレーリングボール12までを順に形成する。そして、トレーリングボール12成膜後、トレーリングボール12の後端側の端面12aをMR素子58等と平行になるように平坦化する。この平坦化は、ラッピング（研磨）加工やFIB（集束イオンビーム）加工等により行なう。

【0017】図2は、図1の垂直記録用磁気ヘッドの縦断面図である。以下、図1及び図2に基づき、この垂直記録用磁気ヘッドで垂直二層膜媒体に記録を行なう場合について説明する。

【0018】垂直二層膜媒体20は、記録磁性層22、裏打ち軟磁性層24等によって構成されている。記録磁界は、トレーリングボール12の先端側の端面12b全体から発生し、記録磁性層22を通り裏打ち軟磁性層24へ流れていくことがわかる。垂直記録用磁気ヘッドは図2において左から右へと走行する。そのため、垂直二層膜媒体20に記録される記録磁化は、トレーリングボール12の後端側の端面12aから発生する磁界により決定されることになる。本実施形態の垂直記録用磁気ヘッドでは、トレーリングボール12の後端側の端面12aを平坦化しているため、垂直二層膜媒体20の記録磁化遷移部の形状を直線的にすることができる。磁化遷移部が直線的になることで、孤立再生波形のパルス幅は狭小化できる。さらに磁化遷移部が直線的になることで、磁化遷移間隔を狭めても良好な記録を行なうことが可能となり、これにより高密度領域で良好な記録再生特性を

得ることができる。

【0019】図3は、本発明に係る垂直記録用磁気ヘッドの第二実施形態を示す媒体摺動面から見た底面図である。以下、この図面に基づき説明する。ただし、図1と同一部分は同一符号を付すことにより重複説明を省略する。

【0020】本実施形態において、磁気誘導型ヘッド30のトレーリングボール32は、高磁束密度膜34と通常の磁極膜36との二層からなる。高磁束密度膜34は、Fe系の高磁束密度材料からなり、後端側の端面32aが平坦化されている。なお、トレーリングボール32全体を高磁束密度膜34に置き換えてもよい。

【0021】第一実施形態で説明したことと同様に、媒体記録磁化はトレーリングボール32の後端側の端面32aから発生する記録磁界により決定される。トレーリングボール32の後端側に高磁束密度膜34を配置することで、より強い記録磁界で媒体に記録を行うことができる。したがって、媒体記録磁性膜の抗磁力が高い垂直二層膜媒体においても、第一実施形態と同様の効果を得ることができる。

【0022】次に、図1に基づき、本発明に係る垂直記録用磁気ヘッドの第三実施形態について説明する。

【0023】本実施形態の垂直記録用磁気ヘッドでは、図1に示すように、トレーリングボール12の媒体摺動面から見た形状が、MRヘッド50側の端面12bを底辺とする台形状となっている。トレーリングボール12の両側面12c、12dのアジマス角 $\theta$ は、トレーリングボール12の端面12aとのなす角で規定される。この台形状は、エッチング又はFIB加工により形成する。

【0024】図4は、本実施形態の垂直記録用磁気ヘッドで、垂直二層膜媒体に記録を行った場合の記録トラックパターンを示す概略図である。以下、図1及び図4に基づき説明する。

【0025】この記録トラック38は、トレーリングボール12の後端側の端面12aにより記録された信号記録トラック40と、トレーリングボール12の両側面12c、12dにより記録されたサイド記録トラック42とに分離できる。サイド記録トラック42の記録パターンは、再生用のMR素子58と非平行になるため、サイド記録トラック42の記録情報はアジマス損失により大幅に減少する。これにより、サイド記録トラック42は無信号記録トラックに相当することになる。ここで、アジマス角 $\theta$ は、十分なアジマス損失を受けるように、40度以上とする。

【0026】このサイド記録トラック42により、記録トラック38は常に隣接記録トラック（又は前歴記録トラック）44と隔てて記録されることになる。その結果、隣接記録トラック（又は前歴トラック）44からの信号を誤再生するクロストークの影響を低減することが

できる。また、サイド記録トラック42のトラック幅 $t$ は、アジマス角 $\theta$ とトレーリングボール12の膜厚 $h$ により任意に変更することが可能である。これにより、磁気ディスク装置の仕様に合わせてサイド記録トラック42のトラック幅 $t$ を任意に設定できる。

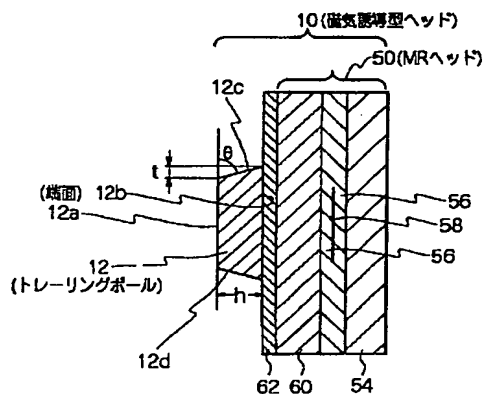
【0027】従来、クロストークの影響を避けるため、再生トラック幅となるMR素子58のトラック幅が記録トラック幅より小さくなるように設計されていた。これに対し、本実施形態では、サイド記録トラック42を設けることでMR素子58のトラック幅は、記録トラックと同等又はそれ以上にすることも可能になる。一般に再生出力は再生トラック幅に比例するため、本実施形態の垂直記録用磁気ヘッドを用いることでより高い再生出力を得ることができる。

#### 【0028】

【発明の効果】第一の効果は、媒体磁化遷移領域を直線的にできることである。この理由は、従来は何の処理も施されていなかった、トレーリングボールの後端側の端面を平坦化したためである。これにより、トラック幅方向に均一で急峻な記録磁化を記録でき、磁化遷移の間隔の狭い高密度領域においても良好な記録磁化状態を得ることができる。したがって、高密度領域で良好な記録再生特性が得られる。

【0029】第二の効果は、記録媒体として高抗磁力媒体を用いた場合でも第一の効果を得ることができることである。この理由は、トレーリングボールの後端側に高磁束密度膜を積層する又はトレーリングボール全体を高磁束密度材料とすることで、より強い記録磁界で媒体に記録を行うことができるためである。

【図1】



(4)

【0030】第三の効果は、クロストークの影響を低減することが可能なことである。この理由は、トレーリングボールの両側面にアジマス角を持たせた構造とすることで、記録トラック両端部に信号成分とはならないサイド記録パターンが記録されるためである。このサイド記録トラックにより、信号記録トラックは隣接記録トラック又は前歴記録トラックと隔てられるので、クロストークの影響を低減することができる。これにより、高S/N信号の再生が可能となり、良好な記録再生特性を得ることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る垂直記録用磁気ヘッドの第一実施形態を示す媒体摺動面から見た底面図である。

【図2】図1の垂直記録用磁気ヘッドの縦断面図である。

【図3】本発明に係る垂直記録用磁気ヘッドの第二実施形態を示す媒体摺動面から見た底面図である。

【図4】図1の垂直記録用磁気ヘッドで、垂直二層膜媒体に記録を行った場合の記録トラックパターンを示す概略図である。

【図5】従来の垂直記録用磁気ヘッドを示す媒体摺動面から見た底面図である。

【図6】図5の垂直記録用磁気ヘッドの縦断面図である。

#### 【符号の説明】

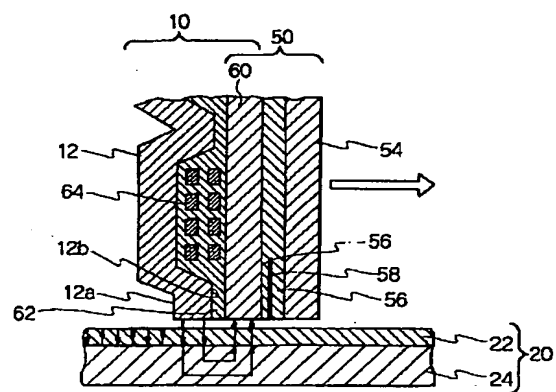
50 MRヘッド

10, 30 磁気誘導型ヘッド

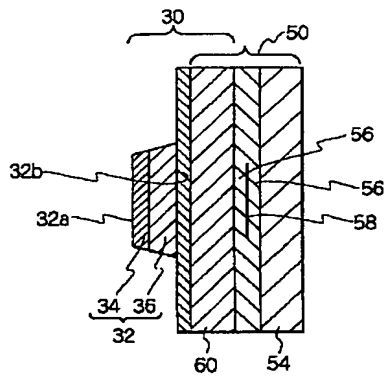
12, 32 トレーリングボール

12a, 32a 平坦化された端面

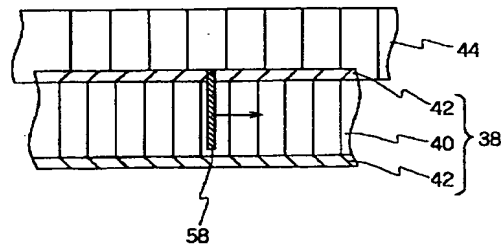
【図2】



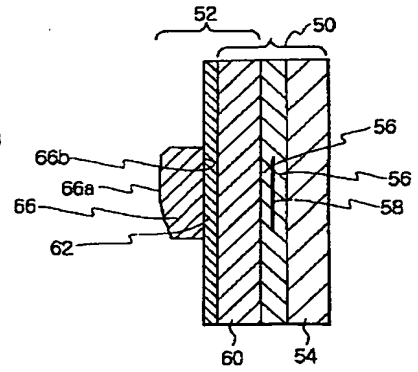
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】

